

بهینه سازی سلامت (ایمنی) و کیفیت غذاهای بسته بندی شده فرآوری شده

حرارتی

1.1. مقدمه : بهبود سلامت (ایمنی) و کیفیت

تاکنون ابداع فرآوری حرارتی به عنوان روشی برای حفظ غذاهای بسته بندی شده توسط «نیکولاس آپرت» فرانسوی در اوایل قرن نوزده ارائه شد. تحقیق برای کاهش مقدار زیان حرارتی به کیفیت محصولات غذایی وجود دارد. امروزه محدوده زیادی از مواد بسته بندی موجود قوطی ها (کنسروهای) فلزی، ظروف شیشه ای و پلاستیک وجود دارد که در شکل های هندسی متفاوتی ارائه می شود. این ماده و شکل هر چه که باشد محصول غذایی ضرورتاً تحت فرآوری مناسبی قرار می گیرد یعنی در زمانی تحت دمای خاصی قرار می گیرد تا اطمینان حاصل شود که محصولات از نظر سلامت مشکلی نداشته باشند مثلاً مسمویت غذایی ایجاد نکنند (غذا مسموم نباشد) به همان اندازه ضرورت دارد که مطمئن شویم که محصول حرارت کافی دیده و پخته است و بالاترین کیفیت آن حفظ شده باشد. پس هنر فرآوری حرارتی غذاها به صورت انتخاب ترکیب زمان / دمای مناسب و سرد کردن آن است که اطمینان حاصل شود که معیارهای بالا برآورده شده باشد. اصطلاح فرآیند (فرآوری) نباید با معنای معمولی یک توالی از عملیات مهندسی به اشتباه گرفته شود. برای اینکه هاگ های میکروارگانیسم های پاتوژنی بطور کافی نابود شوند چون سموم آنها باعث سمی شدن غذا می شود. دماهای فرآوری کاربردی $110 - 130^{\circ}\text{C}$ طی زمان بستگی دارد که به ماهیت محصول غذایی بستگی دارد. هر چه دما بیشتر باشد زمان مورد نیاز کاهش می یابد. یکی از مقاوم ترین هاگ ها در برابر حرارت «کلستریدیوم بوتولینوم» است که اگر غیرفعال نگردد سم مرگبار بوتولین را تحت شرایط بی هوازی در ظرف تولید می کند. در نتیجه اکثر فرآوری ها بر اساس نابودی این میکروارگانیسم انتخاب می شوند. استدلال این است که هر محصولی دارای میکروارگانیسم هایی با مقاومت کمتر می باشد که در فرآیند بوتولینوم غیرفعال می شوند. مهم است تشخیص دهیم که

ارگانیسیم هایی وجود دارند که نسبت به حرارت مقاوم ترند یعنی ترموفیلی (گرمادوست) می باشند که در غذاهای فرآوری شده حرارتی وجود دارند و تهدیدی برای سلامت انسان محسوب نمی شوند. تحت شرایط ذخیره نرمال این ها بی ضررند به هر حال وقتی غذاها در دماهای گرم مثلاً 35 درجه و بالاتر نگهداری شوند. ترموفیلی (گرمادوست) ها رشد کرده و در نهایت ظرف باد کرده و منفجر می شود غذاهای فرآوری شده ای که برای این شرایط آب و هوایی مورد دلخواه است (غذاهایی که می خواهیم در شرایط گرم نگهداری کنیم) به فرآیند شدیدتری برای ثابت سازی آنها نیاز داریم. محصولاتی که «فرآیند بوتولینوم» طبیعی انجام می گیرد هنوز ترموفیلی ها در آن باقی می مانند به عنوان «استریل تجاری» نام می گیرند. معنی استریل که به این فرآیند اشاره دارد از تعریف مطلق استریل که در حرفه پزشکی به کار می رود و به معنی بدون ارگانیسیم های زنده می باشد متفاوت است. یک منبع مهم آلودگی پس از فرآوری و معمولاً طی مرحله سرد کردن با آب میکرو ارگانیسیم ها در ظرف نفوذ کرده اند. ظروف فلزی اساساً نسبت به این مشکل آسیب پذیرند چون طی سرد کردن ظرف خلأ ایجاد می شود و میکرو ارگانیسیم ها از طریق نقایصی که در غیرقابل نفوذ کردن آن ایجاد می شود وارد می شود که با کلر زدن یا با ضدعفونی کردن آب سرد این مشکل حل می شود. وقتی محصولات غذایی حرارت داده می شوند ترکیبات (ذرات) بطور کلی تحت تأثیر طول فرآیند حرارت و سطح دما می باشند. برخی از تأثیرات مطلوب از بین رفتن آنزیمی است (که معمولاً در مورد سبزیجات وجود دارد و از طریق رنگ زدایی و حرارت دادن پیش از فرآوری این مشکل حل می شود): اثرات نامطلوب شامل از دست رفتن بالقوه ویتامین ها، تغییرات طعم و تغییر بافت و ساختار می باشد. هر محصولی بطور متفاوتی عمل می کند و ضروری است که ترکیبات اصلی که بر کیفیت تأثیرگذارند را بدانیم به ویژه وقتی که غذاهایی که فرمول بندی شده اند را فرآوری می کنیم که ویژگی های بافتی در محصول تمام شده مهم می باشند درحالیکه این موضوع اهمیت تجاری قابل توجهی دارد اما موارد بسیار اندکی رباره سنیتیک این فرآیندهای پیچیده در مقایسه با نابودسازی میکروبی می دانیم. بطور کلی فرآیندهای بیوشیمیایی بسیار آهسته تر از فرآیندهای نابودسازی میکروبی می باشند که در حفظ ویژگی های کیفی محصولات نقش دارند.

2.1 سنیتیک غیرفعال سازی میکروبی طی روش حرارتی

1.2.1 مقاومت حرارتی میکروارگانیزم ها : مقدار حرارتی که برای غیرفعال کردن میکرو ارگانیزم ها مورد

نیاز است یک ویژگی مهم است که باید بدانیم یا تعیین کنیم تا بتوانیم فرآیند مناسبی را برای محصولات مشخص کنیم که معمولاً فرآوری مشخص شده ام دارد. برخی از داده های اصلی از برخی اواع ارگانیسم که در غذاها دیده شده در جدول 1-1 آمده است. روش کنسرو کردن معمولی باعث می شود که از عواملی استفاده کنیم تا فرآیند دمایی و زمانی مورد نیاز برای تولید غذای پایدار در برابر حرارت را تعیین کنیم. اولین مورد این ها کاهش اعشاری زمان یا مقدار D می باشد که به صورت زمان در واحد دقیقه در هر دمایی که باعث از بین رفتن 90٪ هاگ یا سلول های گیاهی در یک ارگانیزم می شود تعریف می شود. آن از بررسی های مقاومت حرارتی تعیین می شود که تعداد موارد زنده مانده از این فرآیند را نشان می دهد. ترسیم لگاریتمی تعداد موارد باقی مانده در مقایسه با ما برای یک ارگانیزم طی زمان در نمودار 1-1 آمده است که برای تعیین مقدار D به کار می رود که منحنی زنده ماندن نیمه لگاریتمی نام دارد که شیب آن $-1/D$ می باشد که معادله منحنی به صورت معادله 1-1 می باشد.

$$\log N = \log N_0 - t/D \quad (1-1)$$

که N تعداد میکرو ارگانیزم های زنده مانده است و N_0 تعداد میکرو ارگانیزم های اولیه است و t زمان در واحد دقیقه است و D کاهش اعشاری زمان در دقیقه 9 می باشد. لگاریتم ها بر پایه 10 با \log بیان شده اند. نمودار 1-2 انواع متفاوت منحنی های زنده ماندن در میکروبیولوژی کنسر کردن را نشان می دهد. عامل دوم ثابت مرگ حرارتی Z می باشد که به صورت تغییر مقدار D با توجه به دما تعریف می شود و رسم \log در مقایسه با دما بدست می آید (نمودار 1-3) معادله برای رسم D/Z به صورت معادله 1-2 می باشد.

$$\log D_T = \log D_{ref} - (T - T_{ref})/Z \quad (2-1)$$

که مقدار D در واحد دقیقه در هر دما T می باشد و D_{ref} مقدار مطابق در دمای مرجع T_{ref} می باشد. دمای معمولی در واحد سلسیوس $121/1^\circ$ می باشد (که معادل $250^\circ F$ می باشد که قبلاً در صنعت کنسرو کردن کاربرد داشت) مقدار Z واحدهای درجه سلسیوس $^\circ C$ دارد (برای هدف تبدیل $1^\circ C = 1/8^\circ F$) برخی مقادیر اصلی Z, D در جدول 1-2 آمده است. برای داده های جدول بندی شده به *Holdworth* (1997) نگاه کنید.

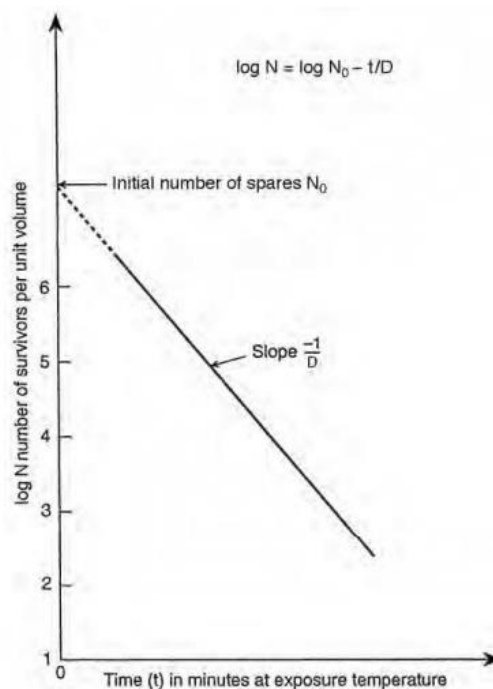
روش جایگزینی برای بیان سینتیک نابودی میکروبی سینتیک مرتبه اول را فرض کرده و معادله (1-1) را به صورت زیر بیان می کند :

$$N = N_0 e^{k.t} \quad (3-1)$$

که K سرعت ویژه واکنش در ثانیه های مربوطه S^{-1} است و $D = 2,360 K$ می باشد. با استفاده از سینتیک $K = Ae^{-E/RT}$ Arrhenius می باشد که A عامل پیش نمایی (S^{-1}) می باشد و R ثابت گاز مولار ($8,135J/mol K$) می باشد و E انرژی فعالسازی در واحد KJ/mol می باشد و معادل $2/303RT T_{ref}/Z$ می باشد.

جدول 1-1 برخی داده های غیرفعالسازی میکرو ارگانیسم ها

Organism	Time/temperature
Vegetative cells	10 min/80°C
Yeast ascospores	5 min/60°C
Fungi	30-60 min/88°C
Thermophiles:	
<i>Clostridium thermoscharolyticum</i>	3-4 min/121°C
<i>Bacillus stearothermophilus</i>	4 min/121°C
Mesophiles	
<i>Clostridium botulinum</i>	3 min/121°C
Botulinum A & B toxins	0.1-1 min/121°C
<i>Clostridium sporogenes</i>	1.5 min/121°C
<i>Bacillus subtilis</i>	0.6 min/121°C

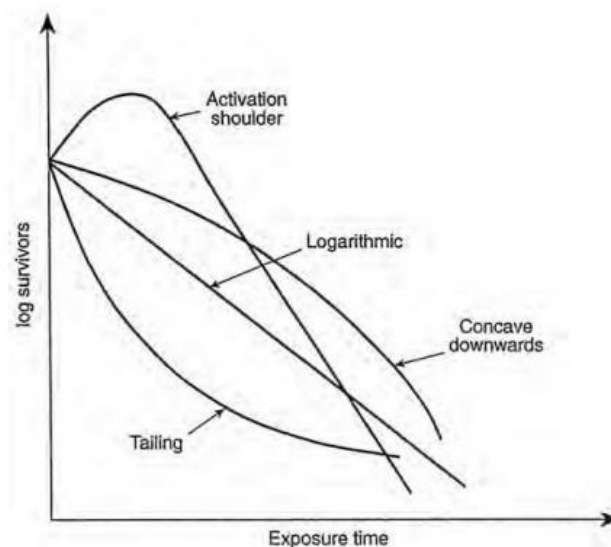


نمودار 1-1 لگاریتم تعداد زنده مانده های میکروبی در طی زمان برای ارگانیسمی که تعیین مقدار D را نشان می دهد.

معادله 1-2 را می توانیم به صورت زیر بنویسیم :

$$\ln K = \ln K_{ref} - E/R[1/T - 1/T_{ref}] \quad (4-1)$$

که \ln لگاریتم طبیعی (پایه 2,303) است و K_{ref} سرعت ثابت در دمای T_{ref} مرجع می باشد. در دماهای کنسرو کردن طبیعی $120 - 125^\circ\text{C}$ دو روش نتایج کاملاً مشابهی ارائه می کند که می توانیم از هر کدام استفاده کنیم. (Nunes 1993) به هر حال استفاده از دماهای بالاتر و زمان های کوتاه تر به درستی به فاکتور (عامل) سینتیک نیاز است و روش K/E بهتر است استفاده شود (Datta 1993) تحلیل (آنالیز) کاملی از دو روش ارائه کرد و نشان داد که تحت شرایط کنسرو کردن طبیعی خطاهای نسبتاً اندکی رخ می دهد. یک معادله جدید برای اصلاح روش $D-Z$ ایجاد شد که تغییر ثابت سرعت واکنش را با توجه به دما در نظر می گیرد. روش $D-Z$ کاربرد گسترده ای دارد و یک سیستم کاربردی خوب می باشد که در صنعت کنسرو کردن معمولی (متداول) اثبات شده است.



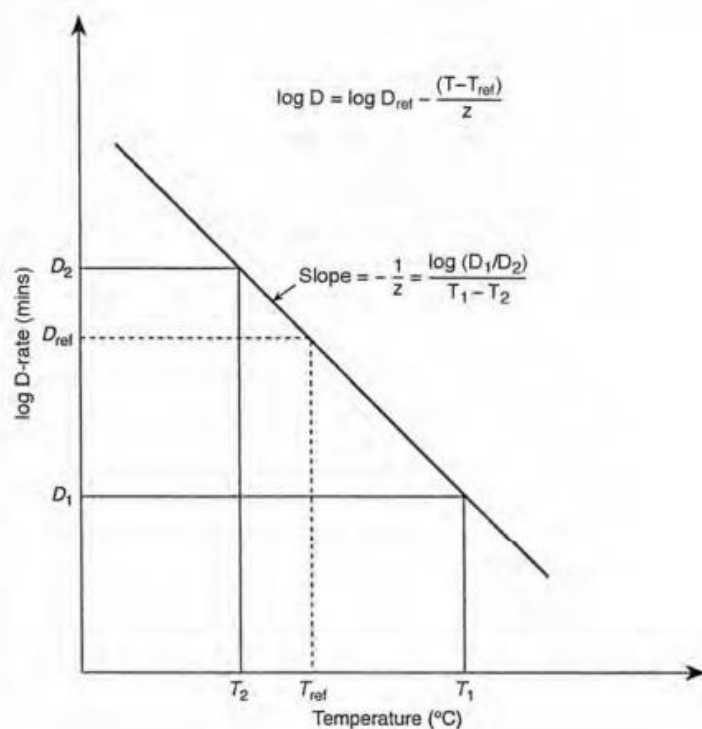
نمودار 1-2 انواع مختلف منحنی های زنده ماندن هاگ میکروبی در میکروبیولوژی کنسرو کردن

2.2.1 عواملی که بر روی مقاومت در برابر حرارت تأثیرگذار است :

عواملی بر روی مقاومت حرارتی میکرو ارگانیسم ها تأثیرگذار است مثلاً فعالیت آب PH ترکیب و پیوستگی غذا از این موارد است. فعالیت آب : فعالیت آب اکثر محصولات غذایی بالا است تا بر روی مقاومت حرارتی آن تأثیرگذار نباشد. به هر حال در شرایطی که پودرهای خشکی در محصولات فرمول بندی شده وجود دارد با مواد

چرب می باشد. سپس مقاومت حرارتی بیشتر خواهد بود. این مورد برای حرارت دادن مستقیم با بخار هم کاربرد دارد بخار فوق حرارتی خشک برای غیرفعالسازی تأثیر کمتری دارد.

PH: PH تأثیر قابل توجهی بر غیرفعالسازی میکروبی دارد. بطور کلی برای محصولات اسیدی که PH کمتر از 4/5 دارند مثلاً دامنه وسیعی از میوه ها و آب آنها ارگانسیم های پاتوژن مشکلی ایجاد نمی کنند و فقط دمای حرارتی اندکی نیاز است که به آن پاستوریزاسیون می گویند که برای پایدارسازی محصول مورد نیاز می باشد. برای $PH > 4/5$ مثل اکثر سبزیجات، ماهی و محصولات گوشتی این فرآیند برنامه ریزی شده برای غیرفعال کردن هاگ های «کلستریدیوم بوتولینوم» کافی است. برای محصولاتی که نزدیک خط تقسیم $4/7 - 4/4$ می باشند مراقبت ویژه ای باید در نظر بگیرید مثلاً محصولات گوجه فرنگی و گلابی که به گونه و رسیدگی آن بستگی دارد. در برخی موارد این امکان وجود دارد که محصول را اسیدی کنیم تا مطمئن شویم که فرآیند پاستوریزاسیون کافی می باشد. برای محصولاتی که برای آن هیچ فرآیند برنامه ریزی شده ای وجود ندارد ضرورت دارد که PH را از قبل تعیین کنیم و اگر این در مورد خط مرزی باشد آزمایشات میکروبیولوژیکی دیگری مورد نیاز است. معمول است که چهار دسته محصولات را شناسایی کنیم که جدول 1-3 نشان می دهد.



شکل 1-3 تعیین مقدار Z با توجه به دمای D

جدول 1-2 برخی مقادیر D برای هاگ ها

Organism	Temperature °C	D-value (min)
Bacillus coagulans	121	3
Bacillus coagulans var. thermoacidurans	96	8
Bacillus licheniformis	100	13
Bacillus stearothermophilus	121	3-5
Bacillus subtilis	121	0.3-0.7
Clostridium botulinum	121	0.2
Clostridium butyricum	85	8
Clostridium sporogenes	121	0.2-1.5
Clostridium thermosaccharolyticum	121	3-5
Desulfotomaculum nigrificans	121	3-5

Source: CCFRA Database.

جدول 1-3 مقادیر PH برای برخی محصولات غذایی

Category	Designation	pH range	Products
Group 1	low-acid	≥ 5.0	meat, fish, milk, some soups and most vegetables
Group 2	medium-acid	5.0-4.5	meat and vegetable mixtures, pasta, soups and pears
Group 3	acid	4.5-3.7	tomatoes, figs, pineapple and other fruits
Group 4	high-acid	≤ 3.7	citrus juices, pickles, grapefruit and rhubarb

عوامل دیگر : که شامل وجود ترکیبات چرب یا روغنی ثابت دی الکتریک گونه های یونی مثل نمک یا نیتريت، گونه های یونی مثل محتوای اکسیژن و اسیدهای ارگانیک و آنتی بیوتیک ها می باشد. (گلد 1995). برخی از این مواد برای تقویت فرآیندهای نگهدارنده به کار می روند به صورتی که فرآیند حرارتی زمان بندی شده مورد نیاز کاهش می دهند.

3.1 تنظیم محدوده هایی برای فرآیندهای استریلیزه کردن و پاستوریزاسیون

1.3.1 مقادیر F و مفهوم سرعت (مقدار) کشنده

برآوردی از تأثیر کشنده فرآوری با استفاده از نسبت کاهش زمان اعشاری D/D_T بدست می آید و به عنوان

مقدار کشنده در واحد دقیقه بیان شده و با معادله (1-5) بیان می شود: $L = 10^{(T-T_{ref}/Z)}$

مقدار کشنده برای $T = 111/1^{\circ}\text{C}$ درجه و $T_{ref} = 121/1^{\circ}\text{C}$ درجه برابر با $10^{-(10/10)} = 0/1 \text{min}$ (دقیقه) خواهد بود. پس یک دقیقه در $111/1^{\circ}\text{C}$ برابر 0/1 دقیقه در $121/1^{\circ}\text{C}$ خواهد بود. چون دما در پایین ترین نقطه حرارتی، در غذا، می باشد تغییرات ظرف ضرورت دارد تا مشارکت کشندگی برای هر دما را ارزیابی می کند. مجموع سرعت کشنده یا مرگبار بدست آمده در هر دما برای زمان واحد به صورت مقدار F بیان می شود:

$$F = \int L dt \quad (6-1)$$

در استفاده از این دو فرمول ضرورت دارد که مقدار Z ارگانیسم هدف را بدانیم برای دو غذای اسیدی $Z=10^{\circ}\text{C}$ مطابق با مقداری که برای فاکلتردیوم بوتانیوهم به کار می رود می باشد. متداولترین شکل برای معادله مقدار F به صورت معادله 1-7 بیان می شود:

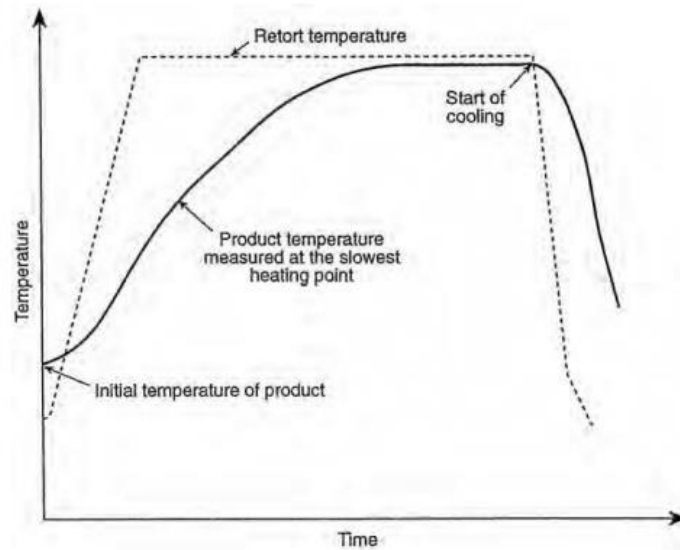
$$F = \int 10^{T-T_{ref}/Z} dt \quad (7-1)$$

یا برای پختن غذا کم اسید مقدار F در دمای مرجع $121/1^{\circ}\text{C}$ به طور کلی به صورت مقدار F بیان شده یا F خنثی یا صفر نام دارد.

$$F = \int 10^{T-121/1/10} dt \quad (8-1)$$

یک پروفایل نمونه زمان-دما که برای یک غذا تحت فرآوری کنسرو شده بدست آمده در نمودار 1-4 آمده است که با جایگذاری ترموکوپل در نقطه ای در آهسته ترین حرارت در محصول غذایی بدست می آید و شامل تأثیر سازگاری با مقابله زمان گرم کردن و زمان سرد کردن می باشد. استدلال این است که اگر مقدار F در این نقطه بیشتر از مینیمم مشخص شده برای فرآوری باشد پس تمام نقاط دیگر در طرف حداقل به مینیمم مورد نیاز می رسند. در ترسیم مقدار کشنده، از ناحیه تحت منحنی، مجموع کشندگی یعنی مقدار F بدست می آید.

F_c اغلب برای بیان مقدار F در مرکز یعنی در آهسته ترین نقطه حرارتی به کار می رود و F_s برای مجموع کشندگی به کار می رود. مقدار F معیار هم با استفاده از F_T^Z یا F_{121T}^{10} بیان می شود.



شکل 4-1- پروفایل زمان-دما که از یک غذایی کنسرو تحت فرآوری بدست آمد.

برای برخی کاربردها، کاهش خطاهایی که مخصوص ترموکوپل های تجاری است هم برای دقت آن خیلی مهم است و بنابراین سیم های باریک ترموکوپل با ضخامت اره میلیمتر آن با استفاده از یک منبع دمایی ثابت تا یک استاندارد مناسبی درجه بندی شود و حرارت سنج (ترمومتر) هم مطابق یک استاندارد میلی باشد. موقعیت ترموکوپل باید در آهسته ترین نقطه حرارتی باشد که غالباً نقطه بحرانی نام دارد. این نقطه متغییر است که به ماهیت محصول یا نوع اجاق بستگی دارد. مثلاً اجاق چرخشی با گذرا باشد. یک روش تعیین این نقطه این است که یک تعداد ترموکوپل در طرف در نقاط متفاوت قرار دهیم و مشاهده کنیم که کدام یک از آنها آهسته ترین نقطه حرارتی می باشد. برای قوطی های کوچم هدایت حرارتی غذا نقطه بحرانی نزدیک مرکز هندسی جرم غذا (توده غذا) می باشد. برای قوطی های بزرگتر مثلاً $A10$ و بزرگتر، ضرورتاً این طور نیست چون مرکز قوطی، تا زمانی که تاثیر سرد شدن حس شود، حرارت ادامه می یابد. بنابراین این کشندگی دوباره نقش دارد. «فلامبرت» و «دلتور» (1972) نشان دادند که موقعیت نقطه بحرانی به نسبت h/d (ارتفاع به قطر) قوطی بستگی دارد.

برای شرایط ویژه کار آزمایشی شان آنها نشان دادند که نقطه بحران باید در مرکز هندسی توده غذا باشد وقتی $h/d < 0/3$ و بیشتر از $0/95$ باشد اما برای $0/3 < h/d < 0/95$ نقطه بحرانی به طور متقارنی در طول محور عمودی با توجه به صفحه مرکزی قرار گرفته است. برای مقادیر $0/95 < h/d < 1/9$ نقطه بحرانی در فضای حلقه شکلی در سرتاسر قوطی می باشد. برای محصولات حرارت همرفتی، نقطه بحرانی در محور مرکزی طرف را ما در نقطه

ای پایین تر از مرکز هندسی قرار گرفته است. توصیه انگلستان این است که ترموکوپل باید در ارتفاع پایه 20٪ مجموع ارتفاع باشد. بای محصولات که تغییر حرارت همرفتی طی فرآوری نشان می دهند یعنی منحنی های حرارتی شکسته، نقطه حرارت همرفتی باید به کار رود. محصولات حرارتی پیچیده باید همیشه با وضعیت چند ترموکوپل در ابتدا بررسی شود. برای اهداف آزمایشی که شامل بررسی عملکرد استیرلیزه کردن می باشد، متداول است که از مواد شبیه ساز استفاده کنیم.

متداولترین آنهایی هستند که به دقت از محلول تهیه شده از ماده خاک رسد و بنتونیت در آب می باشند. محلول های رقیق 1٪ می تواند برای شبیه ساز بسته ها و به طور متمرکزی برای حرارت شکسته 3/5٪ و انجام حرارت بسته 5٪ به کار رود. شبیه ساز مفید برای بسته های همرفت حرارتی، الاستومرسلیمی *sylgard* می باشد.

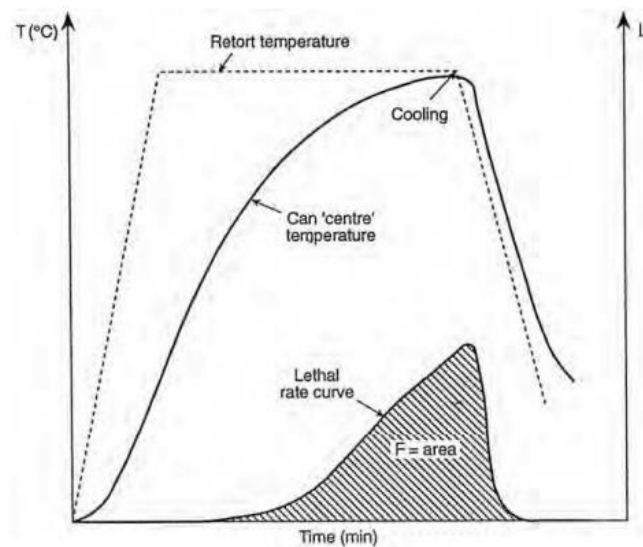
6.3.1 عواملی که بر نفوذ حرارتی تأثیر گذارند

(a) عوامل مربوط به فرآوری: که شامل گزارش دما و زمان فرآوری و ماهیت محیط انتقال حرارتی و آب زدن به ظرف است. حرارت اشباع موثرترین محیط انتقال حرارتی است و فشار موثری برای موازنه فشار داخلی ایجاد شده در ظرف فراهم می کند. با مخلوط آب و هوای بخار، سرعت انتقال حرارتی که سرعت محیط حرارتی بستگی دارد. در دستگاه نقطه دسته ای، یک دوره اولیه وجود دارد که زمان سازگار شدن است قبل از آنکه با دمای فرآوری سازگار شود و این را باید به عنوان عامل تعیین کننده فرآوری در نظر بگیریم برعکس تقابل پیوسته در وضعیت یکنواخت دیده می شود.

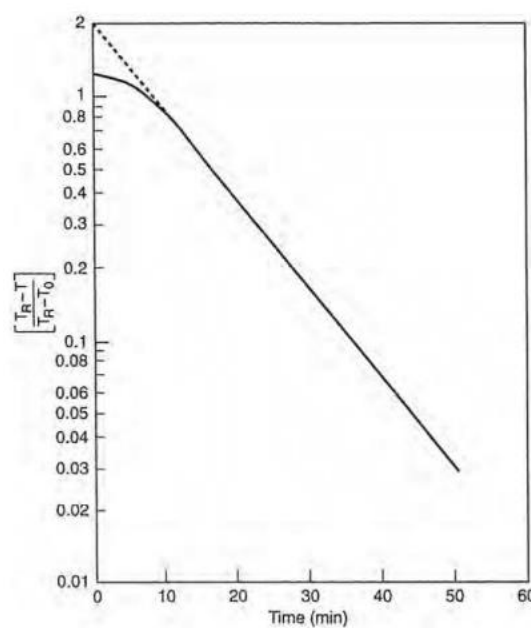
(b) عوامل مربوط به محصول: که شامل پیوستگی محصول، دمای اولیه، بارهای اولیه، خواص حرارتی و pH و افزودنی ها می باشد. این امکان وجود دارد که انواع مختلف رفتار را دسته بندی کنیم که به نام های حرارت دادن همرفتی سریع، مایعات روان، آب میوه و کنسرو می باشد و حرارت همرفتی با سرعت کمتر میوه، سبزیجات، آب شور، پوره کم نشاسته و برخی سوپ سبزیجات می باشد و محصولات حرارتی هدایت/همرفت آهسته تر، سوپ خامه، سوپ نودل، آب گوجه می باشد و آب حاوی محصولات رسانای حرارتی و ذرت سبک خامه و پوره غلیظ و محصولات بسته بندی جامد و غذاهای حیوانات و برنج و اسپاگتی و محصولات همرفت

حرارتی که بر مبنای آب بنا شد و گوشت با چربی و روغن زیاد و محصولات دریایی و محصولات با وزن بالا و پودینگ های کم رطوبت می باشد.

(c) عواملی که با بسته بندی مرتبط می باشند: که شامل شکل و مواد ظرف می باشد و خواص حرارتی ماده که مقدار نفوذ حرارتی را تعیین می کند و مواد فلزی که مقاومت کمی دارند در حالی که مواد شیشه ای و پلاستیکی مقاومت بالاتری دارند.



شکل 5-1- تعیین مقدار F از مقدار کشندگی در مقایسه با دما



شکل 6-1- منحنی نفوذ حرارتی برای فرآوری حرارتی

7.3.1 آنالیز داده نفوذ حرارتی : پروفایل زمانی دمای نمونه برای یک محصول کنسرو شده سرد در دستگاه تقطیر بخار دسته ای حرارت داده می شود در نمودار 1-5 آمده است که با استفاده از یک مقیاس دمای لگاریتمی به منحنی خطی تبدیل می شود (نمودار 1-6). با توجه به این دو پارامتر مهم بدست می آید: یک lag منحنی حرارتی j و مقدار f و f_h که برای حرارت و f_c که برای سرمایش است. رابطه منحنی T/t با معادله (10-1) بدست می آید:

$$(T_R - T_t)/(T_R - T_0) = j 10^{-t/f} j e^{-2.303t/f} \quad (1.10)$$

که T_R دمای تقطیر است و T_t برآورد دمای قوطی در هر زمان t است و T_0 دمای اولیه غذا در قوطی در زمان t است و j و 0 عامل lag در دقیقه است و f زمان حرارت برای یک چرخه دمای لگاریتمی است. برای غذاهای همرفت حرارتی $j=1$ و برای بسته های رسانای حرارتی j معمولاً حدود 2 است. برخی مقادیر f_h در جدول 1-5 آمده است. اهمیت مقدار f_h این است که تمام جنبه های نفوذ حرارتی در یک پارامتر حفظ می شود. مقدار f_h ارتباطی معکوس با نفوذ حرارتی الفا محصول دارد. معادله (1-11) که از ملاحظات انتقال حرارتی بدست آمده است می تواند برای تعیین مقدار f_h برای ظرف استوانه ای با اندازه های متفاوت به کار می رود.

$$f_h = 0.398/[\alpha(1/a^2 + 0.427/4b^2)] \quad (1.11)$$

که $2a$ قطر است و $2b$ ارتفاع قوطی است.

جدول 1-5- برخی مقادیر نمونه f_h برای محصولات کنسرو شده که در دستگاه تقطیر ثابت حرارت بخار فرآوری شده اند.

Can size D × h mm	Conduction-heating food min	Convection-heating food min
66 × 54 (5oz)	25	4.0
66 × 78 (picnic)	34	4.5
66 × 102 (A1)	39	5.0
73 × 62 (8Z)	34	4.5
73 × 115 (UT)	47	4.5
74 × 116 (16Z)	52	5.5
84 × 114 (A2)	62	6.0
99 × 119 (A2½)	83	7.0
154 × 235 (A10)	198	11.0

Source: Collected data CCFRA, Chipping Campden.

4.1 تنظیم پارامترهای فرآوری حرارتی برای ماکسیسم کردن کیفیت محصول = مقدار C

1.4.1 مشکلات مربوط به فرآوری حرارتی

فرآیند حرارتی به یک غذای بسته بندی شده انتقال می یابد که نه تنها ارگانیسم های فاسد کننده را غیرفعال کند بلکه غذا بپزد و در بسیاری از موارد غذایی که بافت قابل قبولی داشته باشد و مطابق تصویر برند محصول باشد تولید کند.

بسیاری از غذاهای کنسرو شده ضرورتاً از قبل پخته می شوند طوری که غذاهای معمولی را می پزیم و قبل از خوردن به اندکی حرارت نیاز دارند. مقدار پختن به میزان زیادی به ماهیت محصول بستگی دارد. برای غذاهایی که به طور همرفتی حرارت می بینید. مثل سبزیجات، که حرارت سریع و یکدستی در کل محتوای قوطی داده می شود. با محصولات رسانای حرارتی که محتوای قوطی حرکت نمی کند پس محصول که به بیرون ظرف و نزدیکتر است حرارت بیشتری دریافت کرده و در نزدیک وسط توده غذا حرارت آهسته تر است. در حالی که غذاهای کنسرو شده نقش بسیار مهمی در تغذیه افراد ایفا می کند. تحت شرایط متفاوت آنها کیفیت اندکی نسبت به غذای سرد و منجمد دارد به هر حال چون غذاهایی که با حرارت فرآوری می شوند در دمای محیط نگهداری می شوند برای استفاده های مختلف بی نهایت مفیدند در نتیجه تلاش قابل توجهی برای کاهش فرآوری حرارتی غذاهای کنسرو شده وجود دارد طوری که آسیب حرارتی کمتری به ترکیبات غذایی وارد شود مثلاً ویتامین ها و رنگ و ترکیبات دیگری که نسبت به حرارت آسیب پذیرند. برخی روش ها که برای کاهش فرآوری حرارتی به کار می رود شامل موارد زیر می باشد:

(a) تغییر هندسه ظرف مثلاً استفاده از لایه های نازک محصول در بسته هایی که از نظر فیزیکی انعطاف پذیر باشند.

(b) دماهای بیشتر و زمان های کوتاه تر که به روش های فرآوری و که در ظرف ایجاد می شود نیاز می باشد.

(c) کاهش فرآوری ها و نگهداری تحت شرایط سرد

(d) اسیدی کردن محصولات و سپس پاستوریزه کردن

(e) استفاده از حرارت مایکروویو یا اهمی

جدول 6-1- حداقل زمان معادل برای استریلیزه کردن و شستن گوجه فرنگی و لوبیا در غذا پزچرخان

Can size		Process temperature (C)		
		115.5	121.1	126.6
A1	Sterilisation	22	13½	10
	Cooking	38	26	19
A2	Sterilisation	25	16½	12½
	Cooking	40	28	21
A2½	Sterilisation	27	18	14½
	Cooking	41	29	22
A10	Sterilisation	35	26	21
	Cooking	46	34	47

Source: CCFRA Tech. Bulletin No.4.

مقادیر C برای $T_{ref} = 100^\circ\text{C}$ معمولاً در مرتبه 5-30 دقیقه است اما برای $T_{ref} = 121^\circ\text{C}$ در 1-7 دقیقه کمتر می باشد.

برخی مقادیر Z_c برای ترکیبات آسیب پذیر حرارتی در جدول 7-1 آمده است. مقادیر C برای کل محتوای باشند و مقادیر C_s اساساً با معادله زیر تعریف می شود:

$$C_s = D_{ref} \log (c/c_0) \quad (13-1)$$

که C_0 و C غلظت های ترکیب بر حسب حرارتی در زمان 0 و t است و میانگین حجمی مقدار C برای یک ظرف با فرمول زیر بدست می آید:

$$C_{ave} = (1/V) \int \int 10^{(T-T_{ref})/Z_c} dt dV \quad (1.14)$$

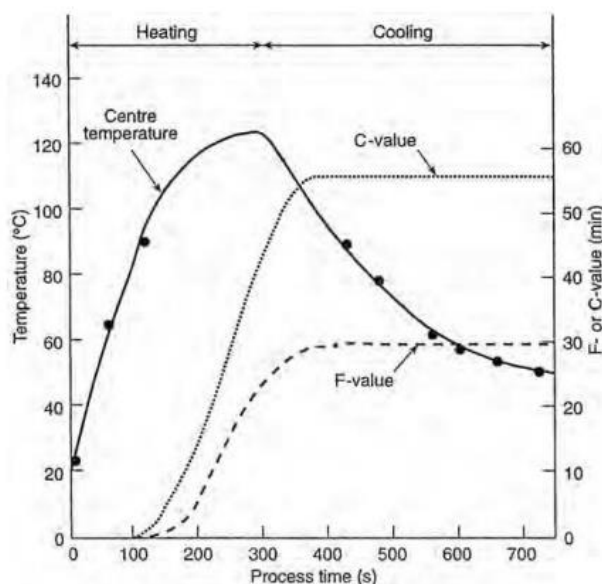
برای کاربرد این مفهوم *ph/lsson* را نگاه کنید. «توکر» و «هولدسونورث» هم به طور غیرمستقیمی این را به کار بردند. به هر حال «سیلوا» (1992) خاطر نشان کرد مقادیر C_s به D_{ref} برای ترکیب خاصی بستگی دارد و باید با معادله (1-15) و (1-16) بدست آید:

$$c/c_0 = (1/V) \int 10^{C_c/D_{ref}} .dV \quad (1.15)$$

$$\text{where } C_c = (1/V) \int 10^{(T-T_{ref})/Z_c} .dt \quad (1.16)$$

که باعث می شود کاربرد پروفایل های حرارتی مختلف امکان پذیر گردد. معادلات (1-14) و (1-15) ضرورتاً نتایج مشابهی برای مقادیر زیاد D_{ref} که در از بین رفتن ویتامین ها بیان می شود ارائه می کند. به هر حال برای

مقادیر کمتر مثل تجزیه رنگ یا نرم شدن بافت، مورد دوم بهتر است. «مک کنا» و «هودزورس» (1990) مدل های انتشار یافته برای تعیین F_s و C_s را بازنگری کردند. با استفاده از معادله رابطه ساده (1-12) نمودار 1-7 سرعت ایجاد مقدار C را با مقدار F در فرآیند مشابه در نظر می گیریم. داده های نسبتاً اندکی با مقایسه مقادیر C_0 برای محصولات غذایی بدست آمد. به هر حال *Prevsser* فرآیندهای ثابتی ایجاد کرد و *Eisner* فرآوری چرخان ایجاد کرد. اخیراً *Tucker* و *Holdsworth* مقادیر $C_{121/1}$ را برای تعدادی از غذاهای آماده بدست آوردند. این داده ها به تعیین اندازه اثر فرآوری کمک کرده و فرآیندهای کاربردی استریلیزه کردن غذاهای آماده ارائه می کند.



شکل 1-7- تغییر مقدار C با پروفایل حرارتی

جدول 9-1- بهینه سازی ترکیبات آسیب پذیر حرارتی در غذاهای کنسرو شده با روشی که به صورت سلسله

مراتبی بیان می شود.

Heat-vulnerable components	Sterilisation conditions		Reference		
	Description	z_c (°C)	C_{100} (min)	z (°C)	$F_{121.1}$ (min)
Thiamin/cured meat	-	-	10.0	0.25	Greenwood <i>et al.</i> (1944)
Thiamin/cured meat	-	-	-	-	Jackson <i>et al.</i> (1945)
Thiamin/cured meat	-	-	-	-	Ball and Olson (1957)
Cooking	33	5-30	10.0	2-30	Mansfield (1962)
Betainin	-	-	10.0	1.0	Hermann (1969)
Cooking/linear heating	33	0.1-50	10.0	0.1-50	Preussker (1970)
Enzymes/green beans	48.9	-	8.9	0.9	Reichert (1977)
Enzymes/potatoes	10.3	-	10.0	2.5	Reichert (1977)
Enzymes	17.5	-	8.9	0.9	Reichert (1977)
Vitamin C	23.2	-	8.9	0.9	Reichert (1977)
Vitamin B ₁	26.1	-	8.9	0.9	Reichert (1977)
Cooking	25-40	-	8.9	0.9	Reichert (1977)
Sensory	26.5	-	8.9	0.9	Reichert (1977)
Cholorophyll/green beans	87.8	-	8.9	0.9	Reichert (1977)
Cooking	33.0	10,36,52	10.0	1.0	Reichert (1974, 1977)
Cooking/peas	29.0	42,45,62	10.0	76.0	Reichert (1974, 1977)
Vitamin B ₁ /liver	26.1	-	10.0	5-10	Bauder and Heiss (1975)
Lipase (microbial)	3.1	-	10.0	2.7	Svensson (1977)
Peroxidase	35.0	-	10.0	10.0	Svensson (1977)
Thiamin	-	-	10.0	6.0	Lund (1977)
Anthocyanin/grapes	23.0	18.0	10.0	24.0	Newman and Steele (1978)
Thiamin	-	-	10.0	5.0	Ohlsson (1980b)
Thiamin/milk	-	-	10.5	2.0	Kessler (1981)
Lysine/milk	-	-	10.5	2.0	Kessler (1981)
Protease	-	-	10.5	2.0	Kessler (1981)
Lipase	-	-	10.5	2.0	Kessler (1981)
Colour	-	-	10.5	2.0	Kessler (1981)
Enzymes/particulates	27.0	-	10.0	3.0	Brown and Ayres (1982)
Browning/protease	25.0	-	10.0	4.0	Jelen (1983)
Quality/tomato purée	-	-	10.0	various	Zanoni <i>et al.</i> (2003)

Source: Holdsworth (1985).

اولین مورد آن مربوط به *Teixera* (1969) بود که از روش تفاضل متناهی برای حل معادلات پختن و

استریلیزه کردن استفاده کرد که شامل انتقال حرارتی در قوطی و شرایط فرآوری هم می شد.

با استفاده از مدل ها و داده های آزمایشی برای از بین بردن اثر تیمین، دما/ زمان فرآوری متفاوت برای شد.

نمودار 1-10 نشان داد که درصد یتامین به مقدار بهینه فرآوری برای 90 دقیقه در 120 درجه سانتی گراد می

رسد. اثر اندازه ظرف هم بررسی شد و نشان داد که برای حجم های مساوی بازدارندگی یتامین برای مقادیر L/P

از 68 تا 41٪ می رسد و از 0/96 تا 1/27 می رسد و سپس از 43 تا 63٪ برای مقادیر L/D برابر 1/71 می

رسد. با استفاده از پروفایل تغییر سطح دما، تاثیر اندکی از بازدارندگی یتامین مشاهده می کنیم. *Lund* و *Lenz*

(1977) توزیع آماری مقادیر C_s را بررسی کرده و برای زمان های فرآوری که کمتر از 20 دقیقه بود آن را نرمال

بیان کردند به هر حال برای زمان های طولانی تر افزایش در انحراف معیار با اریبی قابل توجهی در توزیع را مشاهده کردیم.

Daherskog و *Sjostoro* بررسی مهمی از قهوه ای شدن ماهی کنسرو شده ($Z_c = 33^\circ\text{C}$) را برای فرآوری در دمای بین 110°C و 145°C درجه گزارش کردند. برای محدوده زمانی و دمایی که معادل $F_0=7/5$ دقیقه باشد آنها نشان دادند که برای ترکیب t/t که 60 دقیقه در 127°C درجه می باشد مقدار C برای نقطه ای بین سطح و مرکز غذا کمترین می باشد. دوباره پروفایل های دمای متغییر، تاثیر اندکی بر حفظ رنگ داشت. *Ohlsoo* بررسی گسترده ای از مقدار C برای دامنه ای از محصولات انجام داد که شامل خمیر ماهی و گوشت و سبزیجات و سس گوجه فرنگی و سس وانیلی و عواملی حسی و بو و ظاهر و طعم و سختی و زبری و شفافی می باشد. این کار نشان داد که میانگین حجم مقدار پخته C_{av} برای مقدار F حداقل مقدار را نشان می دهد که با افزایش دما و کاهش اندازه قوطی کاهش می یابد. دمای فرآوری بهینه بین 117°C و 199°C درجه برای قوطی 73×99 میلیمتری بود.

ریچارسون از مدل تفاضل متناهی برای تعیین حفظ مواد غذایی در بسته همرفت حرارتی استفاده کرد.